

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PCTWELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales BüroINTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

| | | |
|---|----|--|
| (51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : E04C 5/07, B29C 70/20, B32B 5/10 | A1 | (11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 97/21009 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 12. Juni 1997 (12.06.97) |
| <p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP96/04770</p> <p>(22) Internationales Anmelddatum: 3. November 1996 (03.11.96)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 3598/95 5. December 1995 (05.12.95) CH 1673/96 17. Juni 1996 (17.06.96) CH </p> <p>(71)(72) Anmelder und Erfinder: SCHERER, Josef [CH/CH]; Alte Kantsstrasse 16, CH-6440 Brunnen (CH).</p> <p>(74) Anwalt: FIEDLER, Otto, Karl; Freistrasse 2, CH-8200 Schaffhausen (CH).</p> | | <p>(81) Bestimmungsstaaten: AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, HU, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, ARIPO Patent (KE, LS, MW, SD, SZ, UG), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i></p> |
| <p>(54) Title: CONSTRUCTION COMPONENT OR CONSTRUCTION WITH A COMPOSITE STRUCTURE, ASSOCIATED COMPOSITE CONSTRUCTION ELEMENT, AND METHOD OF PRODUCTION</p> <p>(54) Bezeichnung: BAUTEIL ODER BAUWERK MIT VERBUNDSTRUKTUR, ZUGEHÖRIGES VERBUNDBÄUELEMENT UND HERSTELLUNGSVERFAHREN</p> <p>(57) Abstract</p> <p>The invention relates to a construction component or construction with a tensile stress-transmitting composite construction element connected to a concrete base unit in such a way as to transmit shear stresses. The composite construction element comprises a plurality of parallel bearing fibres and a binder component in which the bearing fibres are joined together and embedded so as to be shear-resistant. The aim of the invention is to design a construction which will allow better matching of elasticity between the supporting components. The proposed solution is characterised in that the composite construction element (VBE) is provided with fibre components of differing moduli of elasticity, the fibres of said fibre components being intermingled within the cross-section of the composite structural element (VBE). The proportion of more pull-resistant or most pull-resistant fibre components amounts to at least 12 % and at most 93 % of the total fibre cross-sectional area. The invention can be used for strengthening and repairing steel-reinforced concrete structures and has the advantage of improving overall solidity of the reinforcement and strengthening combination.</p> | | |

(57) Zusammenfassung

Erfindungsgattung: Bauteil oder Bauwerk mit einem zugspannungsübertragenden Verbundbauelement, das mit einem Betongrundkörper, in schubspannungsübertragender Verbindung steht. Das Verbundbauelement umfasst dabei eine Vielzahl von zueinander parallel angeordneten Tragfasern und einer Binderkomponente, in der die Tragfasern miteinander schubfest verbunden eingebettet sind. Erfnungsaufgabe: Schaffung einer Konstruktion, die eine verbesserte Elastizitätsanpassung zwischen den tragenden Bestandteilen ermöglicht. Kennzeichen der Erfnungslösung: Für das Verbundbauelement (VBE) sind unterschiedliche Elastizitätsmodule aufweisende Faserkomponenten vorgesehen, deren Fasern im Querschnitt des Verbundbauelementes (VBE) in gegenseitiger Vermischung angeordnet sind. Der Anteil der jeweils zugsteiferen bzw. zugfestesten Faserkomponente an der Gesamt-Faserquerschnittsfläche beträgt mindestens 12 % und höchstens 93 %. Anwendungen und Vorteile: Verstärkung und Instandsetzung von stahlarmierten Betonbauten. Verbesserte Gesamtfestigkeit der Kombination von Armierung und Verstärkung.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichten.

| | | | | | |
|----|--------------------------------|----|-----------------------------------|----|--------------------------------|
| AM | Armenien | GB | Vereinigtes Königreich | MX | Mexiko |
| AT | Österreich | GE | Georgien | NE | Niger |
| AU | Australien | GN | Guinea | NL | Niederlande |
| BB | Barbados | GR | Griechenland | NO | Norwegen |
| BE | Belgien | HU | Ungarn | NZ | Neuseeland |
| BF | Burkina Faso | IE | Irland | PL | Polen |
| BG | Bulgarien | IT | Italien | PT | Portugal |
| BJ | Benin | JP | Japan | RO | Rumänien |
| BR | Brasilien | KE | Kenya | RU | Russische Föderation |
| BY | Belarus | KG | Kirgisistan | SD | Sudan |
| CA | Kanada | KP | Demokratische Volksrepublik Korea | SE | Schweden |
| CF | Zentrale Afrikanische Republik | KR | Republik Korea | SG | Singapur |
| CG | Kongo | KZ | Kasachstan | SI | Slowenien |
| CH | Schweiz | LJ | Liechtenstein | SK | Slowakei |
| CI | Côte d'Ivoire | LK | Sri Lanka | SN | Senegal |
| CM | Kamerun | LR | Liberia | SZ | Swasiland |
| CN | China | LK | Litauen | TD | Tschad |
| CS | Tschechoslowakei | LU | Luxemburg | TG | Togo |
| CZ | Tschechische Republik | LV | Lettland | TJ | Tadschikistan |
| DE | Deutschland | MC | Monaco | TT | Trinidad und Tobago |
| DK | Dänemark | MD | Republik Moldau | UA | Ukraine |
| EE | Estonien | MG | Madagaskar | UG | Uganda |
| ES | Spanien | ML | Mali | US | Vereinigte Staaten von Amerika |
| FI | Finnland | MN | Mongolei | UZ | Usbekistan |
| FR | Frankreich | MR | Mauritanien | VN | Vietnam |
| GA | Gabon | MW | Malawi | | |

- 1 -

Bauteil oder Bauwerk mit Verbundstruktur, zugehöriges Verbundbauelement und Herstellungsverfahren

Die Erfindung betrifft ein Bauteil oder Bauwerk, das wenigstens teilweise eine Verbundstruktur mit einer Vielzahl von im wesentlichen zueinander parallel angeordneten Tragfasern und einer Binderkomponente aufweist, in der die Tragfasern miteinander schubfest verbunden eingebettet sind. Zum Erfindungsgegenstand gehört auch ein entsprechendes Verbundbauelement und ein Herstellungsverfahren.

Verbundstrukturen der genannten Art finden breite Anwendung in verschiedensten Gebieten der Technik, insbesondere z.B. auch bei der Instandsetzung oder nachträglichen Verstärkung von ursprünglich ohne ein zusätzliches Verbundbauelement erstellten Bauteilen oder Bauwerken, vor allem bei solchen mit einem Stahlbeton-Grundkörper. In diesem Zusammenhang ist oft eine Einstellung oder Anpassung der Elastizitätseigenschaften und der Festigkeitswerte erwünscht oder erforderlich, insbesondere auch unter Berücksichtigung der Eigenschaften von mit dem Verbundbauelement zusammenwirkenden Bauwerken und Anschlusslementen. Die hierfür in Betracht kommenden Fasern, vor allem Glas- und Carbonfasern, gegebenenfalls aber auch z.B. Borfasern sowie Fasern aus hochfesten polymeren Kunststoffen, sind zwar in einem grossen Bereich unterschiedlicher Modulwerte verfügbar, jedoch im allgemeinen nur mit grossen Lücken im Wertebereich und in Kombination mit anderen Materialparametern, vor allem der Zug-Bruchfestigkeit. Dies hat in der Praxis eine starke Einschränkung der Auswahl- und Anpassungsmöglichkeiten zur Folge.

- 2 -

Ein verwandter Problemkreis betrifft die Verteilung der Beanspruchung unter Last in einem Bauteil oder Bauwerk mit unterschiedlichen Verbundstrukturen, insbesondere in einem Verbund zwischen einem Beton-Grundkörper, der seinerseits eine Stahlarmierung und damit eine eigene Verbundstruktur enthält, und einem mit diesem Grundkörper stoff- oder formschlüssig verbundenen Faser-Verbundbauelement. Auch in dieser Hinsicht besteht ein praktisches Fortschrittsbedürfnis.

Aufgabe der Erfindung ist daher zunächst die Schaffung einer Konstruktionsweise für Bauteile, Bauwerke oder Verbundbauelemente sowie einer Gestaltung für ein Herstellungsverfahren, mittels deren eine Einstellung und Anpassung der Elastizitäts- und Festigkeitseigenschaften erleichtert und verbessert werden kann, insbesondere auch im Hinblick auf einen hohen und gleichmässigen Ausnutzungsgrad der Tragfasern.

Die erfindungsgemässe Lösung dieser Aufgabe ist bestimmt hinsichtlich eines Bauteils oder Bauwerks oder Verbundbauelementes durch die Merkmale eines oder - in sinnvoller Kombination - gegebenenfalls mehrerer der selbständigen Ansprüche 1, 2, 12, 14 bis 16 bzw. 21 bis 23. Hinsichtlich des Herstellungsverfahrens ist die erfindungsgemässe Aufgabenlösung bestimmt durch die Merkmale des Anspruchs 25 bzw. 27. Wesentliche Weiterbildungen und Ausgestaltungen der Erfindung sind bestimmt durch die Merkmale der jeweils nachgeordneten Ansprüche.

Die Erfindungsmerkmale gemäss den genannten Ansprüchen und vorzugsweise deren Kombination mit den Merkmalen der nachgeordneten Ansprüche ermöglichen einen weitgehend lückenlosen Einstellungsbereich für die Elastizitäts- und Festigkeiteigenschaften sowie für die Spannungsverteilung im Bauteil oder Bauwerk bzw. im Verbundbauelement. Weiterhin wird erfindungsgemäss der Weg in Richtung einer Optimierung des Ausnutzungsgrades sowie des Trag- und Verformungsverhaltens von Bauteilen,

- 3 -

Bauwerken oder Verbundbauelementen eröffnet. Insbesondere kann ferner das Verformungsverhalten in bruchnahen Belastungszuständen beeinflusst und gezielt verbessert werden.

Die Erfindungsmerkmale gemäss Anspruch 1 ermöglichen einen weitgehend lückenlosen Einstellungsbereich für die Anpassung zwischen den Elastizitätseigenschaften der verbundrelevanten Abschnitte des Grundkörpers einerseits und des Verbundbau-elementes andererseits. Dies findet Ausdruck in einem beiderseits zu definierenden Gesamt-Elastizitätsmodul, d.h. einem Mittelwert, der sich für den Grundkörper nach bekannten analytischen Verfahren aus dem jeweiligen Grundkörperquerschnitt und für das Verbundbauelement aus der Summe der mit ihrem Faser-Querschnittsanteil gewichteten Elastizitätsmodule der verschiedenen Faserkomponenten ergibt. Konstruktiv bzw. herstellungstechnisch mit an sich bekannten Mitteln kontinuierlich wählbare Parameter sind dabei die genannten Querschnittsanteile. Um einen ausreichend angenähert homogenen bzw. nicht zu stark inhomogenen Gesamt-Querschnittsaufbau zu erreichen, sind die Fasern der Faserkomponenten im Querschnitt der Verbundstruktur wenigstens abschnittsweise in gegenseitiger Vermischung anzuordnen. Aus dem gleichen Grund sowie im Hinblick auf die Vermeidung einer untragbar geringen oder ungleichmässigen Ausnutzung von Querschnittsanteilen ist das Verhältnis der Komponenten-Querschnittsanteile gegen gewisse Extremwerte abzugrenzen. Diese Abgrenzung findet ihren Ausdruck in den gemäss Anspruch 1 definierten Grenzwerten des Querschnittsanteils der jeweils zugsteiferen bzw. der zugsteifsten Faserkomponente. Im Zuge einer Optimierung hinsichtlich Homogenität bzw. Querschnittsausnutzung ergeben sich in Weiterbildung der Erfindung Mindestwerte für die Querschnittsanteile der jeweils zugsteiferen bzw. zugsteifsten Faserkomponente von 18% und vorzugsweise von 25%.

Zur Definition des Begriffs "Querschnittsanteil" sei angemerkt, dass dieser im vorliegenden Zusammenhang als auf eine Gesamtquerschnittsfläche bezogene Verhältnisgrösse zu verstehen ist.

- 4 -

Dabei kann diese Verhältnisgrösse grundsätzlich sowohl auf eine Gesamt-Faserquerschnittsfläche mehrerer oder aller Faserkomponenten als auch auf eine Gesamtquerschnittsfläche des Verbundbauelementes oder innerhalb desselben bezogen sein. In die letztgenannte Definition der Gesamtquerschnittsfläche gehen auch Teilflächen ein, die für die Zugelastizität des Verbundbauelementes irrelevant oder vernachlässigbar sind, z.B. die auf die Binderkomponente entfallende und jedenfalls nicht für die Faserkomponenten massgebende Teilfläche. In die erstgenannte Definition gehen dagegen nur Massgrößen der Faserkomponenten selbst ein.

Nachdem sich der Gesamt-Elastizitätsmodul gemäss Vorstehendem für das Beispiel von zwei Faserkomponenten FK1, FK2 mit den Querschnittsanteilen A1, A2 und den Modulen E1 und E2 als $E_0 = A_1 \cdot E_1 + A_2 \cdot E_2$ ergibt, ist E_0 im erstgenannten Fall eine Elastizitätskenngrösse für die Kombination der gemeinsam verformten Faserkomponenten, im zweiten Fall dagegen eine solche für das Verbundbauelement mit seiner jeweiligen Gesamtquerschnittsgestaltung. Für E_0 ergeben sich in beiden Fällen grundsätzlich unterschiedliche Zahlenwerte, nämlich im zweiten Fall im allgemeinen ein niedrigerer Zahlenwert. Dies ist bei der Verwendung von E_0 für auswertende Rechnungen, z.B. für eine Verformungsbestimmung unter Belastung, zu berücksichtigen. Im ersten Fall wird - sofern keine weiteren elastizitätsrelevanten Komponenten vorhanden sind - nur mit den tatsächlichen Querschnittsflächen der Faserkomponenten gerechnet, im zweiten Fall mit der durch konstruktive Vorgaben bedingten Gesamtquerschnittsfläche des Verbundbauelementes. Letzteres kann in der Praxis gerade erwünscht sein, aber zu Unhandlichkeit führen, z.B. wenn Elastizitätstechnisch irrelevante Querschnittsanteile und damit die Gesamtquerschnittsfläche bei konstanten Faserkomponentenquerschnitten längs des Verbundbauelement variiieren.

- 5 -

Eine erfindungswesentliche Weiterbildung sieht ein an einen Grundkörper stoffschlüssig und damit schubfest, z.B. durch Klebung, angeschlossenes Verbundbauelement vor, wobei der Grundkörper eine zugspannungsübertragende Armierung, insbesondere eine Stahlarmierung aufweist, die schubspannungsübertragend in Beton als Grundmasse eingebettet ist. Der resultierende Gesamt-Elastizitätsmodul E0 der Faserkomponenten wird dann erfindungsgemäß entsprechend dem Zug-Elastizitätsmodul der Armierung bzw. in vorgegebenen Grenzen von diesem abweichend eingestellt. Dies ermöglicht im Normal-Belastungsfall der Gesamtanordnung eine vorteilhafte Teilnahme der Armierung und des Verbundbauelementes an der Tragfunktion. Wenn nun - wie mit verfügbaren Fasermaterialien erreichbar - die Kombination der Faserkomponenten eine höhere Zugspannungsfestigkeit als die Stahlarmierung aufweist, so führt eine Ueberlastung der Stahlarmierung des Grundkörpers mit Ueberschreiten der Fliessgrenze noch nicht zum Versagen der Gesamtanordnung, sondern nur zu einer überhöhten, aber bis zu einer gewissen höheren Belastungsgrenze noch zulässigen Spannung im Verbundbauelement. Die Ueberlastung macht sich also vor dem Versagen durch eine erhöhte Verformung bemerkbar, die gegebenenfalls mit an sich bekannten Detektionsmitteln überwacht werden kann.

In Optimierung dieser Erfindungsvariante kann vorgesehen werden, dass die Abweichung des Gesamt-Elastizitätsmodul der Faserkomponenten vom Armierungs-Elastizitätsmodul höchstens 20%, insbesondere höchstens 10% des letzteren beträgt.

Für die unterschiedliche Elastizitätseinstellung der Faserkomponenten und die Anordnung bzw. Verteilung und Ausbildung der Fasern kommen erfindungsgemäß verschiedene Optimierungen in Betracht. So kann es hinsichtlich der Verformungseigenschaften bzw. der Tragfähigkeit je nach den Gegebenheiten des Anwendungsfalles vorteilhaft sein, wenn die Faserkomponenten des Verbundbauelementes unterschiedliche Einzelfaser-

- 6 -

Querschnittsflächen und/oder unterschiedliche Mittelwerte dieser Querschnittsflächen aufweisen. Insoweit und auch hinsichtlich der Herstellungstechnik bietet es oft Vorteile, dass mindestens zwei Faserkomponenten des Verbundbauelementes jeweils eine Mehrzahl von Faserbündeln aufweisen, wobei die Faserbündel beider Faserkomponenten im Gesamt-Faserquerschnitt vermischt angeordnet sind. Meist wird eine Anordnung der Fasern bzw. Faserbündel der verschiedenen Faserkomponenten des Verbundbauelementes über den Gesamt-Faserquerschnitt oder einen Teil desselben in wenigstens annähernder Gleichverteilung sinnvoll sein.

Das zum Erfindungsgegenstand gehörende Verbundbauelement ist hauptsächlich vorteilhaft in einem erfindungsgemässen Bauteil oder Bauwerk, grundsätzlich jedoch auch in anderem Zusammenhang einsetzbar. Dabei handelt es sich jedenfalls um ein Verbundbauelement, das mindestens eine Faserkomponente mit einer Vielzahl von im wesentlichen zueinander parallel angeordneten Tragfasern und mindestens eine Binderkomponente aufweist, in der die Tragfasern miteinander schubfest verbunden eingebettet sind. Dabei sind mindestens zwei Faserkomponenten vorgesehen sind, bezüglich deren die Verhältniswerte der Elastizitätsmodule einerseits und der Bruchspannungen andererseits einen Differenzbetrag von höchstens 0,25, vorzugsweise jedoch von höchstens 0,15 aufweisen. Bei Kompositstrukturen der vorliegenden Art entspricht das Verhältnis der sich in den Faserkomponenten einstellenden Zugspannungen bei - wegen des Schubverbundes - gleicher Zugverformung im wesentlichen dem Verhältnis der Elastizitätsmodule dieser Faserkomponenten. Infolgedessen bewirken die Merkmale der vorgenannten Erfindungsvariante, dass die im allgemeinen unterschiedlichen Bruchspannungen bzw. die als übereinstimmende Bruchteile derselben bestimmten zulässigen Spannungen in den betroffenen Faserkomponenten mit zunehmender Belastung im wesentlichen gleichzeitig bzw. nur mit vorgegebenen Abweichungen erreicht werden. Dies bedeutet eine optimale Ausnutzung der Tragfähigkeit der verschiedenen Faserkomponenten.

- 7 -

Eine weitere, ebenfalls ein Verbundbauelement der vorgenannten Art betreffende Erfindungsvariante, die insbesondere mit den zuletzt erläuterten Erfindungsmerkmalen, jedoch grundsätzlich auch unabhängig von diesen anwendbar ist, sieht mindestens eine Faserkomponente vor, die Fasern aus einem Material von bezüglich einer anderen Faserkomponente unterschiedlicher Zusammensetzung und/oder Beschaffenheit aufweist. Dies bietet unabhängig von bzw. in Kombination mit der Wahl der Querschnittsanteile eine vorteilhafte Erweiterung der Möglichkeiten zur unterschiedlichen Parametereinstellung der verschiedenen Faserkomponenten, und zwar nicht nur hinsichtlich der Elastizitätseigenschaften, sondern auch der erreichbaren Verbundfestigkeit. Z.B. können in diesem Zusammenhang Glasfasern unterschiedlicher Zusammensetzung bzw. unterschiedlicher Oberflächenrauhigkeit mit entsprechenden Haftungseigenschaften gegenüber der Binderkomponente eingesetzt werden. Weiterhin lässt eine Vereinigung von Fasern aus Materialien unterschiedlicher Zusammensetzung und/oder Beschaffenheit in ein und derselben Faserkomponente interessante Einstellungsmöglichkeiten erwarten. Entsprechendes gilt für eine weitere wesentlich Erfindungsvariante, nämlich die Bildung von Faserkomponenten aus von Komponente zu Komponente bzw. auch innerhalb ein und derselben Komponente unterschiedlichen Fasermaterialien, nämlich Kohlenstoff, Glas und/oder Polymersubstanzen. Zum Begriff "Faserkomponente" sei angemerkt, dass darunter im vorliegenden Zusammenhang eine aus Fasern – gegebenenfalls solche verschiedener Art in einer örtlichen Zusammenfassung – bestehende Komponente einer umfassenderen Faseranordnung zu verstehen ist, nicht jedoch etwa eine Materialkomponente einzelner Fasern.

Die vorstehend allgemein erläuterten Erfindungsmerkmale ermöglichen es, aus vergleichsweise wenigen verfügbaren Tragfasertypen ein breites Spektrum von Kennwertpaarungen aus Elastizitätsmodul und Zugfestigkeit zu erstellen.

- 8 -

Allerdings ist dann im allgemeinen nicht davon auszugehen, dass die in verschiedenen im Querschnitt des Verbundbauelementes vorhandenen Fasermaterialien hinsichtlich ihrer Festigkeit in einem definiert vorgegebenen Mass, insbesondere etwa annähernd gleich gut ausgenutzt sind bzw. jeweils vorgegebene Abstände zwischen den Nenn-Belastungsspannungen und Bruchspannung einhalten. Dem kann jedoch erfindungsgemäss durch Vorspannung der Fasern im Schubverbund abgeholfen werden, wobei mindestens ein Teil der Tragfasern unter Zugspannung steht. Der erforderliche innere Kräfteausgleich hat dann zur Folge, dass ein anderer Teil der Tragfasern und/oder die Matrix bzw. Teile derselben vor der Belastung unter Druckvorspannung stehen. Im Sinne einer Optimierung kann erfindungsgemäss eine Mehrzahl von Faserkomponenten mit unterschiedlichen Werten der Tragfaser-Zugfestigkeit vorgesehen und die Vorspannungen dieser Faserkomponenten entsprechend vorgegebenen Bruchteilswerten der zugehörigen Zugfestigkeitswerte bemessen werden. Dabei kann eine solche Vorspannungsanordnung gegebenenfalls auch unabhängig von einem Aufbau der Verbundstruktur mit verschiedenen Faserkomponenten, d.h. auch im Falle von gleichartigen Fasern, bereits erfindungsgemäss erhebliche Fortschritte bringen.

Grundsätzlich kann eine solche gezielte Faservorspannung und eine entsprechende vorgegebene Spannungsverteilung im Belastungszustand innerhalb der Verbundstruktur eines grösseren Bauteils oder Bauwerks verwirklicht sein. In vielen Fällen bringt jedoch ein bereits unabhängig von der Verbindung mit einem anderen Bauteil oder einem Bauwerk mit interner Faser-vorspannung versehenes Faser-Verbundbauelement oder Faser-Verbundbauteil besonderen Fortschritt. Die hierzu erforderliche, gegensinnig zur Faser-Zugvorspannung wirkende Druckkraft wird hier von der Matrix oder einem in dieser gebundenen und gegen Knickung abgestützten Faseranteil übernommen. Erfahrungsgemäss können Tragfasern infolge starrer und insbesondere schubfester Einbindung in eine Matrix mit ihrerseits hochem

- 9 -

Elastizitätsmodul ohne Knick- bzw. Beulgefahr solche Druckspannungen aufnehmen, und zwar auf grossen Längen auch in schlanken, stab- oder lamellenförmigen Verbundbauelementen. Ein so intern vorgespanntes Verbundbauelement oder Verbundbauteil kann dann grundsätzlich ohne externe Vorspannung mit einem in unbelastetem oder vermindert belastetem, gegebenenfalls mit einem nur unter Eigenbelastung stehenden Bauwerk oder anderen Bauteil verbunden werden, wobei sich die vorgegebene Gesamt-Spannungsverteilung unter ebenfalls vorzugebenden Belastungen ergibt. Andererseits kann es je nach Anwendungsfall auch angebracht sein, das intern vorgespannte Verbundbauelement noch unter zusätzlicher externer mit dem Bauwerk oder anderen Bauteil zu verbinden. Anzumerken ist noch, dass in einfachen Fällen sogar die Verbindung eines nicht intern vorgespannten Verbundbauelementes mit einem Bauwerk oder anderen Bauteil unter externer Vorspannung ausreichend sein kann.

Die Erfindung wird ergänzend anhand der schematischen Darstellungen in den Zeichnungen erläutert. Hierin zeigt:

- Fig.1** einen Ausschnitt eines erfindungsgemässen Stahlbeton-Bauwerks mit einem Verbundbauelement in Seitenansicht und
- Fig.2** einen Querschnittsbereich des Verbundbauelementes in Fig.1 mit einem angrenzenden Bereich eines Bauwerk-Grundkörpers in bezüglich Fig.1 wesentlich grösserem Massstab,
- Fig.3** das Last-Dehnungsdiagramm einer ersten Ausführungsform eines erfindungsgemässen Verbundbauelements mit Armierung nur aus hochelastischen Tragfasern,
- Fig.4** ein Diagramm nach Art von Fig.3, jedoch für ein erfindungsgemässes Verbundbauelement mit kombinierter Armierung aus hochelastischen Tragfasern und Tragfasern mit plastischer Bruchverformung,

- 10 -

Fig.5 einen Einspannabschnitt eines erfindungsgemässen Verbundbauelementes mit kraftschlüssiger, wärmeunempfindlicher Lasteinleitung sowie mit bruchankündigender Lastübertragung und

Fig.6 ein Blockdiagramm einer Durchlauf-Fertigungsanlage für die Herstellung erfindungsgemässer Verbundbauelemente.

In Fig.1 ist als Beispiel eines erfindungsgemässes Bauteils innerhalb eines ebensolchen Bauwerks ein auf Vertikalstützen statisch bestimmt gelagerter Durchlaufträger 1 mit einem Beton-Grundkörper GK angedeutet. Wie in einem Teilschnitt angedeutet, enthält der Träger 1 im Bereich seiner Unterseite eine nur mit einem Stab veranschaulichte Stahlarmierung AR üblicher Art. Der Durchlaufträger ist in nicht näher dargestellter Weise für die Aufnahme einer Biegebeanspruchung ausgebildet, so dass der Armierungsstab an der Trägerunterseite im Zugspannungsbereich des Trägers liegt.

Zur Verstärkung dieses Spannungsbereiches ist an der Trägerunterseite mittels einer Klebschicht 2 bekannter Art ein erfindungsgemässes, in Trägerlängsrichtung langgestreckt und im übrigen flächenhaft ausgebildetes Verbundbauelement VBE in schubspannungsübertragender Verbindung mit dem Grundkörper GK angebracht. Armierung AR und Verbundbauelement VBE bilden also zusammen den Zugspannungsteil des Trägers 1.

Wie in Fig.2 angedeutet, umfasst das Verbundbauelement VBE eine Vielzahl von parallel zur Längsrichtung des Trägers 1 verlaufenden Faserbündeln FB, die ihrerseits je eine Vielzahl von einzelnen, in enger Packung aneinanderliegenden Tragfasern F1 bzw. F2 umfassen. Die Faserbündel können gegebenenfalls zwecks dichter Packung der Fasern F1, F2 mit einer Hülle versehen sein. Die Fasern der einzelnen Bündel sind zweckmässig durch einen Binder schubfest zusammengefügt.

- 11 -

Die Faserbündel FB sind in eine Binderkomponente BK, z.B. ein Epoxiharz, eingebettet und miteinander ebenfalls schubspannungsübertragend stoffschlüssig verbunden. Über die Klebschicht 2 und die Betonmasse des Grundkörpers GK ist eine schubspannungsübertragende Verbindung auch zur Armierung AR hergestellt. Wie vorangehend ausführlich dargelegt, ist zwischen der Armierung AR und der Tragfaseranordnung des Verbundbauelementes VBE eine Anpassung ihrer Elastizitätsmodule hergestellt. Dazu bilden die Faserbündel FB zwei Faserkomponenten FK1 und FK2 mit unterschiedlichen Elastizitätsmodulen E1, E2 ihrer Fasern. Die gewählten Querschnittsanteile der Komponenten FK1 und FK2 werden im Beispiel durch unterschiedlicher Dicke der Fasern F1 und F2 bei gleichem Durchmesser der Faserbündel erreicht, so dass sich entsprechend unterschiedliche Faserpackungsdichten innerhalb der Bündel und damit unterschiedliche bzw. gezielt vorgegebene Gesamtfaserquerschnitte pro Bündel ergeben. Hierdurch und gegebenenfalls zusätzlich durch unterschiedliche Bündelzahlen pro Faserkomponente lassen sich die gewünschten Querschnittsanteile einstellen. Die Faserbündel sind im Beispiel einzeln alternierend angeordnet, so dass sich eine vergleichsweise geringe Inhomogenität des gesamten Querschnittsaufbaues ergibt.

Mit Hilfe der im Beispiel veranschaulichten Faserkombination und Faserverteilung im Querschnitt des Verbundbauelementes lässt sich aus vergleichsweise wenigen verfügbaren Tragfertypen ein breites Spektrum von Kennwertpaarungen aus Elastizitätsmodul und Zugfestigkeit erstellen. Allerdings ist dann im allgemeinen nicht davon auszugehen, dass die verschiedenen im Querschnitt des Verbundbauelementes vorhandenen Fasermaterialien hinsichtlich ihrer Festigkeit auch nur annähernd gleich gut ausgenutzt sind, d.h. jeweils vorgegebene Abstände zwischen den Nenn-Belastungsspannungen und der Bruchspannung einhalten.

- 12 -

Dem kann jedoch erfindungsgemäss durch Vorspannung der Fasern im Schubverbund abgeholfen werden. Der erforderliche innere Kräfteausgleich hat dann zur Folge, dass ein anderer Teil der Tragfasern und/oder die Matrix bzw. Teile derselben unter Druckvorspannung stehen. Erfahrungsgemäss können Tragfasern infolge starrer und insbesondere schubfester Einbindung in eine Matrix mit ihrerseits hohem Elastizitätsmodul ohne Knick- bzw. Beulgefahr solche Druckspannungen aufnehmen, und zwar auf grossen Längen auch in schlanken, stab- oder lamellenförmigen Verbundbauelementen. Die Vorspannung, und zwar bereits im einfachsten Fall einer mehr oder weniger den Gesamt-Faserquerschnitt erfassenden Vorspannung, hat auch bei hinsichtlich des Fasermaterials homogenem Querschnitt wesentliche Vorteile, z.B. durch Vermeidung eines Vorzeichenwechsels bei schwingender Belastung (keine Spannungsnulldurchgänge). Gezielt ungleichförmige Vorspannungsverteilungen im Gesamt-Faserquerschnitt ermöglichen Optimierungen der Spannungverteilung im Querschnitt unter Last, z.B. hinsichtlich erhöhter Biegemomentaufnahme. Weiterhin kann eine solche ungleichförmige Querschnittsverteilung der internen Vorspannung dazu ausgenutzt werden, einen kleinen Querschnittsanteil schon bei Nennlast oder einer sonst passend vorgegebenen Belastung durch erhöhte Vorspannung nahe an seine Bruchgrenze zu bringen. Der eintretende Bruch dieser kleinen Faserkomponente führt dann zu einer sprunghaften Verformung, z.B. einer erhöhten Durchbiegung, des Gesamt-Verbundbauelementes und damit zu einer erwünschten, Vorsignalisierung nahender Gesamt-Bruchgefahr.

In Fig.3 ist ein spezielles Beispiel wiedergegeben, bei dem eine Mehrzahl von Faserkomponenten mit unterschiedlichen Werten der Tragfaser-Zugfestigkeit vorgesehen und die Vorspannungen dieser Faserkomponenten entsprechend vorgegebenen Bruchteils-werten der zugehörigen Zugfestigkeitswerte bemessen sind. Im tragenden Querschnitt mindestens eines Abschnitts des Verbundbauelementes sind dort zwei Faserkomponenten FK1, FK2 mit

- 13 -

unterschiedlichen Elastizitäts- und Bruchverformungs-Kennwerten vorgesehen. Letztere gehen im Diagramm gemäss Fig. 3 aus den mit FK1 bzw. FK2 bezeichneten Kennlinien der Verformungs- oder Vorspann- und Belastungskraft P über der auf die spannungslose Länge bezogenen Verformung ϵ hervor. Mit ϵ_1 ist die Verformung von FK1, mit ϵ_2 diejenige von FK2 und mit ϵ_E diejenige des Verbundbauelementes bezeichnet. Im Nullpunkt der Verformung des Verbundbauelement, d.h. $\epsilon_E = 0$, ist die Zug-Vorspannkraft P_{1V} von FK1 entgegengesetzt gleich der Druck-Vorspannkraft P_{2V} von FK2. Von $\epsilon_E = 0$ ausgehend steigt die Belastungskennlinie von VBE an, bis FK1 mit seiner Bruchverformung ϵ_{1B} seine Bruchlast P_{1B} erreicht. Der Gesamtbetrag / ϵ_{1B} / der Bruchverformung von FK1 ist am oberen Diagrammrand eingetragen, ausgehend von der Nullverformung $\epsilon_1 = 0$.

Da FK1 als die dehnungsweichere Komponente mit höherer Bruchdehnung sowie unter weit höherer Vorspannungsdehnung stehend angenommen ist, jedoch infolge entsprechend geringen Anteils am Gesamt-Faserquerschnitt nur einen kleinen Teil der Gesamtlast aufnimmt, fällt die Gesamt-Lastaufnahme des Verbundbauelementes bei Erreichen von ϵ_{1B} instationär nur relativ wenig ab, nämlich auf P_{2u} , um sogleich - nur durch einen Trägheitsmechanismus verzögert - wieder auf P_{1B} anzusteigen, jedoch nun auf dem allein noch wirksamen Kennlinienteil VBE = FK2, und zwar mit einem entsprechenden Vervormungssprung / ϵ_{ES} /, der die Annäherung an den Gesamtbruch vorsignalisiert. Letzterer wird sodann mit dem Gesamtbetrag / ϵ_{2B} / der Bruchverformung von FK2 erreicht.

Insgesamt wird also mit dieser Faservorspannungskombination ein quasi-plastisches Bruchverhalten realisiert, allerdings mit einer oft u.U. als nachteilig zu bewertenden Stosserscheinung beim Bruch der hochelastischen Signalisierungskomponente FK1.

- 14 -

Im Beispiel gemäss Fig.4 - ein Last-Verformungsdiagramm wie Fig.3 - ist mindestens eine hochelastische Faserkomponente FK1, insbesondere mit Kohlenstoff-, Glas- und/oder Polymerfasern, und mindestens eine Faserkomponente FK2 mit einem relevanten plastischen Bruchverformungsrest von z.B. mindestens 1% vorgesehen. Für FK2 kann gegebenenfalls mit besonderem Vorteil eine metallische Faserkomponente mit ausgeprägtem Fliessbereich und gegebenenfalls sogar mit anschliessender Umformungsverfestigung (Stahlkennlinie) gewählt werden. Der Vorspannungs- und Verformungsmechanismus ist der gleiche wie in Fig.3, weshalb auf eine nochmalige Darstellung verzichtet wurde.

Wesentlich ist jedoch in der Kennlinie FK1 eine ausgeprägte Fliessgrenze ϵ_{1F}/P_{1F} anstelle einer Bruchgrenze von F_k wie in Fig.3. Im Anschluss an ϵ_{1F} ist in Fig.4 beispielsweise in ausgezogener Linie ein relativ steiler Spannungsabfall mit nachfolgendem "schleichenden" Dehnbruch angedeutet, der jedoch beim Übergang von der Kennlinie VBE zur Kennlinie VBE = FK2 eine deutliche "Beruhigung", d.h. eine wesentliche Stoßdämpfung bewirkt. Wie rechts von ϵ_{1F} feinstrichliert angedeutet, lässt sich durch entsprechende Materialwahl für FK2 sogar ein ausgeprägt "stahlähnliches" Fliess- und Bruchverhalten erzielen.

Im Ausführungsbeispiel gemäss Fig.5 ist wieder ein Verbundbauelement VBE durch eine Klebung K an der Unterseite eines Bauwerk-Grundkörpers GK schubfest verankert. Es ist auch hier ein Verbundbauelement mit mindestens einer hochelastischen Faserkomponente vorgesehen, insbesondere eine Anordnung von Kohlenstoff-, Glas- und/oder Polymerfasern. Zur Vermeidung eines durch keine merkliche Verformung sich ankündigenden Bruchs ist mindestens ein in der Kraftübertragung auf die Tragfasern angeordnetes, bei vorgegebener Grenzbelastung vor Versagen des Verbundbauelementes VBE nachgebendes

- 15 -

Uebertragungselement UE vorgesehen, z.B. aus plastisch verformbarem Metall mit ausgeprägter Fliessgrenze. Dieses Uebertragungselement ist im Beispiel als Hülse ausgebildet und sitzt auf einem Anker- und Anschlagbolzen AS, der seinerseits mit hitzebeständigem Mörtel oder dergl. im Grundkörper verankert ist. Der Kraftfluss zum Verbundbauelement erfolgt weiter über eine kauschenartige, selbsthemmende Klemmvorrichtung KV mit einem keilförmigen Anschlusselement AE. Auf diese Weise wird nicht nur bei Ueberlastung des Verbundbauelement durch radiale Fliessverformung des Uebertragungselementes UE ein signalisierendes Nachgeben der Verbindung und anschliessend wieder eine starre Formschluss-Kraftübertragung durch Berührung des Kragens KR der Klemmvorrichtung KV mit dem Anker- und Anschlagbolzen AS erreicht, sondern auch eine Notsicherung gegen Erweichung und Versagen der Matrix des Verbundbauelementes durch etwaige Wärmeeinwirkung, z.B. infolge Brand im oder am Bauwerk.

Die in Fig.6 im Blockdiagramm angedeutete Anlage zur Durchführung eines Beispiels des erfindungsgemässen Herstellungsverfahrens mit kontinuierlichem Matrialdurchlauf längs einer Durchlaufbahn DB arbeitet wie folgt:

Eine Vielzahl von Tragfasern bzw. Tragfaserbündeln wird in einer Zuführstation ZFS auf einer Batterie von z.B. koaxial oder gestaffelt angeordneten Zuführspulen ZS bereitgestellt. Jede dieser Spulen ist mit einer individuell einstellbaren Bremsvorrichtung BV versehen. Ueber eine Ausgangsführung AFR gelangen die Faserbündel zu einer zusammenführenden Kamm- bzw. Lochanordnung KA, wo sie in eine der Form der gewünschten Faserarmierung entsprechende, zweidimensionale Querschnittsverteilung gebracht werden. In einer anschliessenden Einbettungs- und Formgebungsstation EFS, die z.B. einen die Armierungsfasern im Durchlauf aufnehmenden und mit dem Bindemittel für die Matrix beschickten Extruder aufweist, erfolgt die

- 16 -

Profil-Formgebung des strangförmigen Verbundrohlings. Letztere gelangen sodann in eine Heiz- und Härtestation HHS, in deren Ausgangsbereich auch eine Bearbeitungs- und Konfektionierungsstation integriert sein kann, beispielsweise für ein Form-schleifen der ausgehärteten Rohlinge. In der abschliessenden Abzugs- und Aufnahmestation werden die in Einzelstücken aufeinanderfolgend oder auch kontinuierlich als Endlosware eintreffenden Verbundbauelemente, sofern sie flach gestaltete und genügend biegsam sind, zusammen mit der Faserarmierung kontinuierlich aufgewickelt. Wesentlich ist hierbei die Erzeugung ausreichender Zugkräfte auf die gesamte im Durchlauf befindliche Faserarmierung. Dies ermöglicht in Verbindung mit der bereits erwähnten individuellen Abbremsung der Armierungsfasern bzw. Faserbündel oder Fasergruppen die Aufrechterhaltung der eingestellten Vorspannungen bis zur Einbettung und Aushärtung der Matrix im festen Schubverbund mit der Faser-armierung.

Grundsätzlich können in dieser Weise auch Verbundbauelemente mit komplizierteren Querschnitts- und Profilformen hergestellt werden, z.B. auch Mehrfach-Winkelprofile und Hohlprofile.

Insbesondere für Zwecke der nachträglichen Verstärkung und der Reparatur von Bauwerken durch Anbau oder Einbau von meist lamellenförmigen und langgestreckt ausgebildeten Faser-Verbundbauelementen ist es oft erwünscht, ohne oder mit vergleichsweise geringer Vorspannung des Verbundbauelementes zu arbeiten, wobei selbst im Falle der Vorspannungsmontage keine hohen Anforderungen hinsichtlich einer definierten Vorspannungseinstellung angebracht sind. Gleichwohl erfolgt die Herstellung des Verbundes zwischen dem Verbundbauelement und dem Grundkörper des Bauwerks - vor allem bei stark frequen-tierten Verkehrsbauten - oft unter Betriebslast. Dies hat im Hinblick auf die belastungsabhängige Verformung des Bauwerks eine an sich unerwünschte Begrenzung der Lastübernahme durch

- 17 -

das Verbundbauelement zur Folge. Ein erfindungsgemässes Verfahren sieht daher vor, dass die Verbindung zwischen Verbundbauelement und Grundkörper unter einer Belastung bzw. Verformung des Bauteils oder Bauwerks bzw. eines Teils desselben hergestellt wird, die in Bezug auf eine vorgegebene, maximale Gesamtbelastung bzw. Gesamtverformung vermindert eingestellt ist, vorzugsweise in Bezug auf eine vorgegebene, maximale Gesamtbelastung bzw. Gesamtverformung um mindestens etwa 40%, insbesondere mindestens etwa 75%, vorteilhaft sogar unter der blossen Eigenbelastung des Bauwerks. Erleichtert und vielfach überhaupt ermöglicht wird dies gemäss Weiterbildung der Erfndung dadurch, dass die Verbindung zwischen Verbundbauelement und Grundkörper wenigstens teilweise durch Verklebung mit einem schnellhärtenden, hochfesten Polymerkleber, insbesondere eines solchen auf Acrylatbasis, hergestellt wird.

Patentansprüche

1. Bauteil oder Bauwerk, das wenigstens teilweise eine Verbundstruktur mit einer Vielzahl von im wesentlichen zueinander parallel angeordneten Tragfasern und eine Binderkomponente aufweist, in der die Tragfasern miteinander schubfest verbunden eingebettet sind, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:
 - b) die Verbundstruktur umfasst mindestens zwei zusammenwirkende, die Gesamt-Zugfestigkeit dieser Verbundstruktur bestimmende Faserkomponenten (FK1, FK2) mit unterschiedlichem Zug-Elastizitätsmodul (E1, E2);
 - c) die Fasern (F1, F2) der beiden Faserkomponenten (FK1, FK2) sind wenigstens über einen Teil des Querschnitts der Verbundstruktur in abwechselnder Verteilung, insbesondere in gegenseitiger Vermischung, angeordnet;
 - d) der Anteil (A1) der zugsteiferen Faserkomponente (FK1) an der Gesamt-Faserquerschnittsfläche der Verbundstruktur beträgt mindestens 12% und höchstens 93%.
2. Bauteil oder Bauwerk, das wenigstens teilweise eine Verbundstruktur mit einer Vielzahl von im wesentlichen zueinander parallel angeordneten Tragfasern und eine Binderkomponente aufweist, in der die Tragfasern miteinander schubfest verbunden eingebettet sind, insbesondere nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbundstruktur als mit einem Grundkörper, insbesondere einem Betongrundkörper, des Bauteils oder Bauwerks in stoff- und/oder formschlüssiger, insbesondere schubspannungsübertragender Verbindung stehendes Verbundbauelement (VBE) ausgebildet ist.

-19-

3. Bauteil oder Bauwerk nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Grundkörper in einem im wesentlichen unbelasteten bzw. nur unter Eigenbelastung stehenden Zustand mit mindestens einem unter vorgegebener Vorspannung stehenden Faser-Verbundbauelement stoffschlüssig und/oder formschlüssig verbunden ist.
4. Bauteil oder Bauwerk nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Verbundbauelement (VBE) langgestreckt und/oder flächenhaft ausgebildet ist.
5. Bauteil oder Bauwerk nach einem der Ansprüche 2 bis 4, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:
 - a) das Verbundbauelement ist stoffschlüssig mit einem Grundkörper (GK) verbunden, der mindestens eine zugspannungsübertragende, insbesondere mit Stahlelementen versehene Armierung (AR) aufweist, die schubspannungsübertragend in Beton als Grundmasse eingebettet ist;
 - b) der resultierende Gesamt-Elastizitätsmodul (E_0) der Faserkomponenten (FK1, FK2) ist wenigstens annähernd entsprechend dem Zug-Elastizitätsmodul der Armierung (AR) bemessen.
6. Bauteil oder Bauwerk nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Abweichung des Gesamt-Elastizitätsmoduls (E_0) der Faserkomponenten vom Zug-Elastizitätsmodul der Armierung (AR) höchstens 20%, insbesondere höchstens 10% des letzteren beträgt.
7. Bauteil oder Bauwerk nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbundstruktur einen Anteil (A1) der zugsteiferen Faserkomponente (FK1) an der Gesamt-Faserquerschnittsfläche von mindestens 18% aufweist.

-20-

8. Bauteil oder Bauwerk nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbundstruktur einen Anteil (A1) der zugsteiferen Faserkomponente (FK1) an der Gesamt-Faserquerschnittsfläche im Bereich zwischen 25% und 65% aufweist.
9. Bauteil oder Bauwerk nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Faserkomponenten des Verbundbauelementes unterschiedliche Einzelfaser-Querschnittsflächen und/oder unterschiedliche Mittelwerte dieser Querschnittsflächen aufweisen.
10. Bauteil oder Bauwerk nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei Faserkomponenten des Verbundbauelementes jeweils eine Mehrzahl von Faserbündeln aufweisen und dass die Faserbündel beider Faserkomponenten im Gesamt-Faserquerschnitt vermischt angeordnet sind.
11. Bauteil oder Bauwerk nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Fasern bzw. Faserbündel der verschiedenen Faserkomponenten des Verbundbauelementes über wenigstens einen Teil des Gesamt-Faserquerschnitts in wenigstens annähernder Gleichverteilung angeordnet sind.
12. Verbundbauelement mit mindestens einer Verbundstruktur, die wenigstens eine Faserkomponente mit einer Vielzahl von im wesentlichen zueinander parallel angeordneten Tragfasern und mindestens einer Binderkomponente aufweist, in der die Tragfasern miteinander schubfest verbunden eingebettet sind, insbesondere für ein Bauteil oder Bauwerk nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass für die Verbundstruktur mindestens zwei Faserkomponenten vorgesehen sind, bezüglich deren die Verhältniswerte der Elastizitätsmodule einerseits und der Bruchspannungen andererseits einen Differenzbetrag von höchstens 0,25 aufweisen.

-21-

13. Verbundbauelement nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass für die Verbundstruktur mindestens zwei Faserkomponenten vorgesehen sind, bezüglich deren die Verhältniswerte der Elastizitätsmodule einerseits und der Bruchspannungen andererseits einen Differenzbetrag von höchstens 0,15 aufweisen.
14. Verbundbauelement mit mindestens einer Verbundstruktur, die wenigstens eine Faserkomponente mit einer Vielzahl von im wesentlichen zueinander parallel angeordneten Tragfasern und mindestens einer Binderkomponente aufweist, in der die Tragfasern miteinander schubfest verbunden eingebettet sind, insbesondere nach Anspruch 12 oder 13 und insbesondere für ein Bauteil oder Bauwerk nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Faserkomponente der Verbundstruktur Fasern aus einem Material von bezüglich einer anderen Faserkomponente unterschiedlicher Zusammensetzung und/oder Beschaffenheit aufweist.
15. Verbundbauelement mit mindestens einer Verbundstruktur, die wenigstens eine Faserkomponente mit einer Vielzahl von im wesentlichen zueinander parallel angeordneten Tragfasern und mindestens einer Binderkomponente aufweist, in der die Tragfasern miteinander schubfest verbunden eingebettet sind, insbesondere nach einem der Ansprüche 12 bis 14 und insbesondere für ein Bauteil oder Bauwerk nach einem der Ansprüche 1 bis 11, gekennzeichnet durch mindestens eine Faserkomponente, die Fasern aus Materialien unterschiedlicher Zusammensetzung und/oder Beschaffenheit in sich vereinigt.

-22-

16. Verbundbauelement, insbesondere ausgebildet als zugspannungsübertragender Lamellen- oder Stabträger, mit einer Vielzahl von Tragfasern (F1, F2) und mit mindestens einer als Binderkomponente (BK) wirkenden Matrix, in der die Tragfasern im Schubverbund eingebettet sind, insbesondere nach einem der Ansprüche 12 bis 15 und insbesondere für ein Bauteil oder Bauwerk nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Teil der Tragfasern (F1, F2) im unbelasteten Zustand des Verbundbauelementes (VBE) innerhalb des Schubverbundes des Verbundbauelementes unter Vorspannung stehend angeordnet ist.
17. Verbundbauelement nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass im tragenden Querschnitt mindestens eines Abschnitts des Verbundbauelementes (VBE) eine Mehrzahl von Faserkomponenten (FK1, FK2) vorgesehen ist, die innerhalb des Schubverbundes im unbelasteten Zustand des Verbundbauelementes (VBE) unter unterschiedlichen Vorspannungen stehend angeordnet sind.
18. Verbundbauelement nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass im tragenden Querschnitt mindestens eines Abschnitts des Verbundbauelementes (VBE) eine Mehrzahl von Faserkomponenten (FK1, FK2) vorgesehen ist, die Fasermaterial mit jeweils unterschiedlichen Werten des Zug-Elastizitätsmoduls (E) und/oder der Zugfestigkeit (σ_B) aufweisen und die innerhalb des Schubverbundes im unbelasteten Zustand des Verbundbauelementes (VBE) unter jeweils unterschiedlichen Vorspannungen stehend angeordnet sind.
19. Verbundbauelement nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass eine Mehrzahl von Faserkomponenten (FK1, FK2) mit unterschiedlichen Werten der Tragfaser-Zugfestigkeit vorgesehen ist und dass die Vorspannungen

-23-

dieser Faserkomponenten entsprechend vorgegebenen Bruch-
teilsrten der zugehörigen Zugfestigkeitswerte bemessen
sind.

- 20 Verbundbauelement nach einem der Ansprüche 12 bis 19,
dadurch gekennzeichnet, dass die Verbundstruktur eine
Kombination von Kohlenstoff-, Glas-, Bor- und/oder
Polymerfasern aufweist.
21. Verbundbauelement, insbesondere ausgebildet als zugspan-
nungsübertragender Lamellen- oder Stabträger, mit einer
Vielzahl von Tragfasern und mit mindestens einer als
Binderkomponente wirkenden Matrix, in der die Tragfasern
im Schubverbund eingebettet sind, wobei im tragenden
Querschnitt mindestens eines Abschnitts des Verbundbau-
elementes (VBE) eine Mehrzahl von Faserkomponenten
(FK1, FK2) vorgesehen ist, die Fasermaterialien mit
unterschiedlichen Elastizitäts- und/oder Zugfestigkeits-
Kennwerten aufweisen, insbesondere Verbundbauelement nach
einem der Ansprüche 12 bis 20 und insbesondere für ein
Bauteil oder Bauwerk nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass innerhalb des Schubverbundes
mindestens eine hochelastische Faserkomponente (FK1),
insbesondere mit Kohlenstoff-, Glas-, Bor- und/oder
Polymerfasern, und mindestens eine Faserkomponente (FK2)
mit einem plastischen Bruchverformungsrest von mindestens
1%, insbesondere eine metallische Faserkomponente mit
ausgeprägtem Fliessbereich und anschliessender Umformungs-
verfestigung, vorgesehen ist.
22. Verbundbauelement, insbesondere ausgebildet als zugspan-
nungsübertragender Lamellen- oder Stabträger, mit einer
Vielzahl von Tragfasern (F1, F2) und mit mindestens einer

-24-

als Binderkomponente (BK) wirkenden Matrix, in der die Tragfasern im Schubverbund eingebettet sind, insbesondere Verbundbauelement nach einem der Ansprüche 12 bis 21 und insbesondere für ein Bauteil oder Bauwerk nach einem der Ansprüche 1 bis 11, gekennzeichnet durch mindestens eine hochelastische Faserkomponente (FK1), insbesondere eine Anordnung von Kohlenstoff-, Glas-, Bor- und/oder Polymerfasern, und durch mindestens ein in der Kraftübertragung auf die Tragfasern (F1) angeordnetes, bei vorgegebener Grenzbelastung vor Versagen des Verbundbauelementes (VBE) nachgebendes Übertragungselement (UE) sowie durch mindestens einen mit diesem zusammenwirkenden Begrenzungsschlag (AS).

23. Verbundbauelement, insbesondere ausgebildet als zugspannungsübertragender Lamellen- oder Stabträger, mit einer Vielzahl von Tragfasern und mit mindestens einer als Binderkomponente wirkenden Matrix, in der die Tragfasern im Schubverbund eingebettet sind, insbesondere Verbundbauelement nach einem der Ansprüche 12 bis 22 und insbesondere für ein Bauteil oder Bauwerk nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass in mindestens einem Krafteinleitungsbereich wenigstens ein Teil der Tragfasern miteinander und/oder mit mindestens einem wärmeunempfindlichen, insbesondere metallischen oder keramischen Anschlusselement (AE) in Anpress- und Kraftschlussverbindung steht.
24. Verbundbauelement nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass für die Kraftschlussverbindung zwischen den Tragfasern und dem Übertragungselement mindestens eine Keil- oder Konus-Klemmvorrichtung vorgesehen ist.

-25-

25. Verfahren zur Herstellung eines Verbundbauelementes, insbesondere eines zugspannungsübertragenden Lamellen- oder Stabträgers, mit einer Vielzahl von Tragfasern (F1, F2) und mit mindestens einer als Binderkomponente (BK) wirkenden Matrix, in der die Tragfasern im Schubverbund eingebettet sind, insbesondere zur Herstellung eines Verbundbauelementes nach einem der Ansprüche 12 bis 24, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:

- a) Eine Vielzahl von Tragfasern bzw. Tragfaserbündeln wird von einer Zuführstation ausgehend in einer der Querschnitts- und Armierungsgestaltung des herzustellenden Verbundbauelementes entsprechenden Verteilung über eine Durchlaufbahn zu einer Aufnahmestation gezogen;
- b) in der Zuführstation wird mindestens ein Teil der austretenden Tragfasern bzw. Tragfaserbündel mit einer vorgegebenen Rückhaltekraft beaufschlagt und damit eine entsprechende Faservorspannung erzeugt;
- c) innerhalb der Durchlaufbahn wird in die Tragfaseranordnung Bindemittel eingearbeitet und unter Umhüllung der Tragfaseranordnung die Querschnittsform des Verbundbauelementes gebildet;
- d) der so gebildete Bauelementrohling wird unter Aufrechterhaltung der Faservorspannung innerhalb der Durchlaufbahn einer Aushärtung des Bindemittels zu einer festen Matrix unterzogen, in der die Tragfasern mit stoffschlüssigem Schubverbund eingebettet sind.

26. Verfahren nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass in der Zuführstation mindestens zwei Tragfaseranordnungen oder Tragfaserkomponenten durch Beaufschlagung mit gesonderten Rückhaltekräften unter jeweils zugeordnete Vorspannung gesetzt werden.

-26-

27. Verfahren zur Herstellung eines Bauteils oder Bauwerks, das einen Grundkörper (GK), insbesondere einen Betongrundkörper, und mindestens ein mit dem Grundkörper in stoff- und/oder formschlüssiger, insbesondere zug- und/oder schubspannungsübertragender Verbindung stehendes Verbundbauelement (VBE), insbesondere ein solches nach einem der Ansprüche 12 bis 24, aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindung zwischen Verbundbauelement und Grundkörper unter einer Belastung bzw. Verformung des Bauteils oder Bauwerks bzw. eines Teils desselben hergestellt wird, die in Bezug auf eine vorgegebene, maximale Gesamtbelastung bzw. Gesamtverformung vermindert eingestellt ist.
28. Verfahren nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindung zwischen Verbundbauelement und Grundkörper unter einer Belastung bzw. Verformung des Bauteils oder Bauwerks bzw. eines Teils desselben hergestellt wird, die in Bezug auf eine vorgegebene, maximale Gesamtbelastung bzw. Gesamtverformung um mindestens etwa 40%, insbesondere mindestens etwa 75%, vermindert eingestellt ist.
29. Verfahren nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindung zwischen Verbundbauelement und Grundkörper wenigstens annähernd unter der blossen Eigenbelastung des Bauteils oder Bauwerks bzw. eines Teils desselben hergestellt wird.
30. Verfahren nach einem der Ansprüche 27 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindung zwischen Verbundbauelement und Grundkörper wenigstens teilweise durch Verklebung mit einem schnellhärtenden, hochfesten Polymerkleber, insbesondere eines solchen auf Acrylatbasis, hergestellt wird.

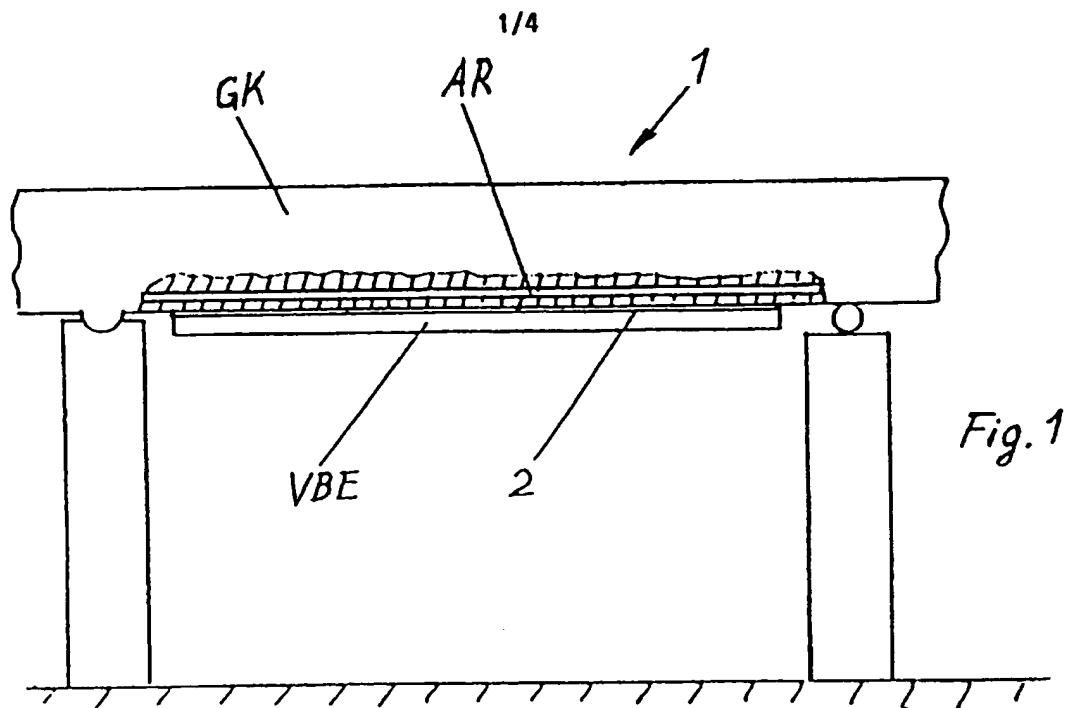


Fig. 1

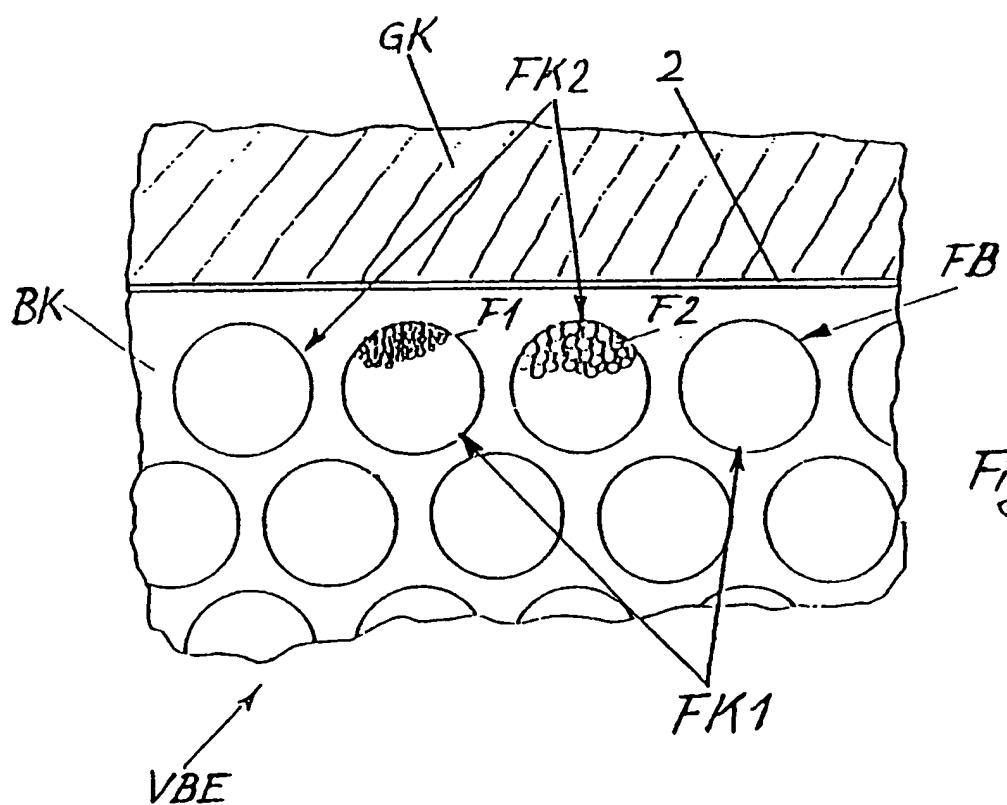


Fig. 2

2/4

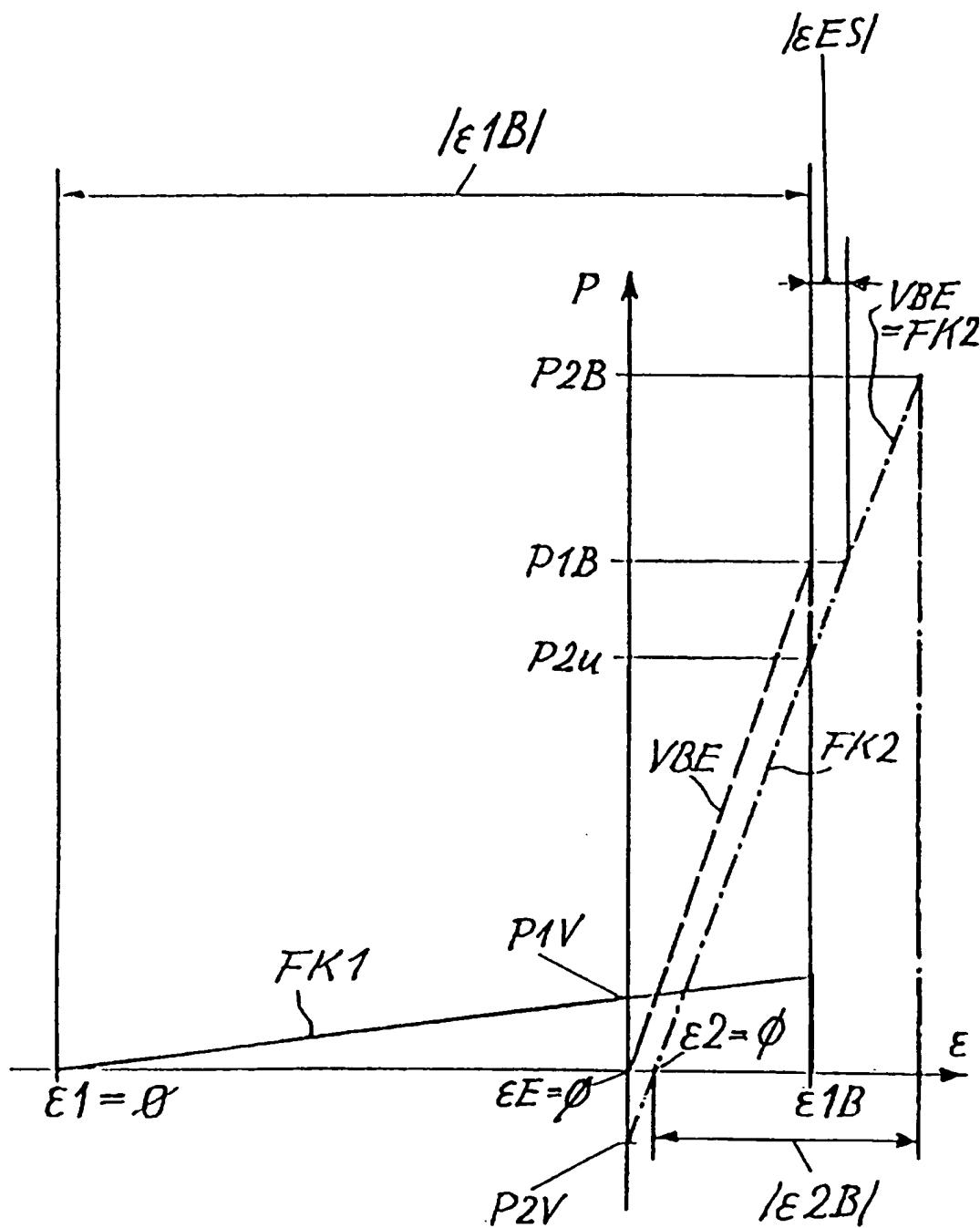


Fig. 3

3/4

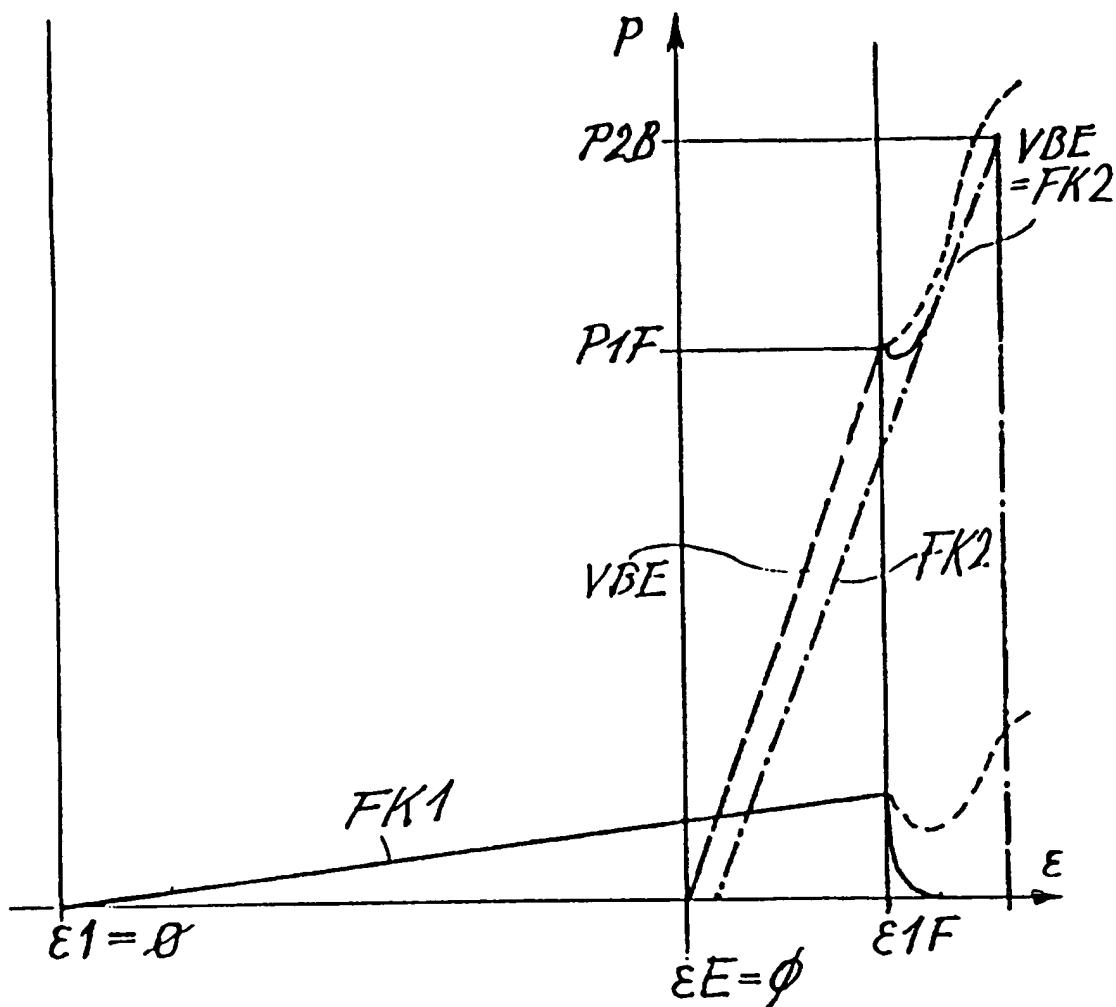


Fig. 4

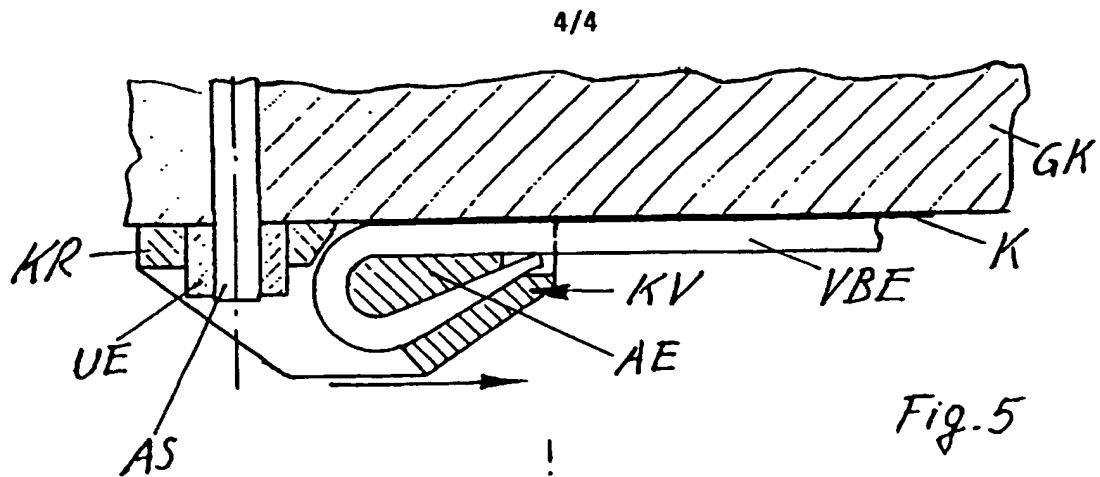


Fig. 5

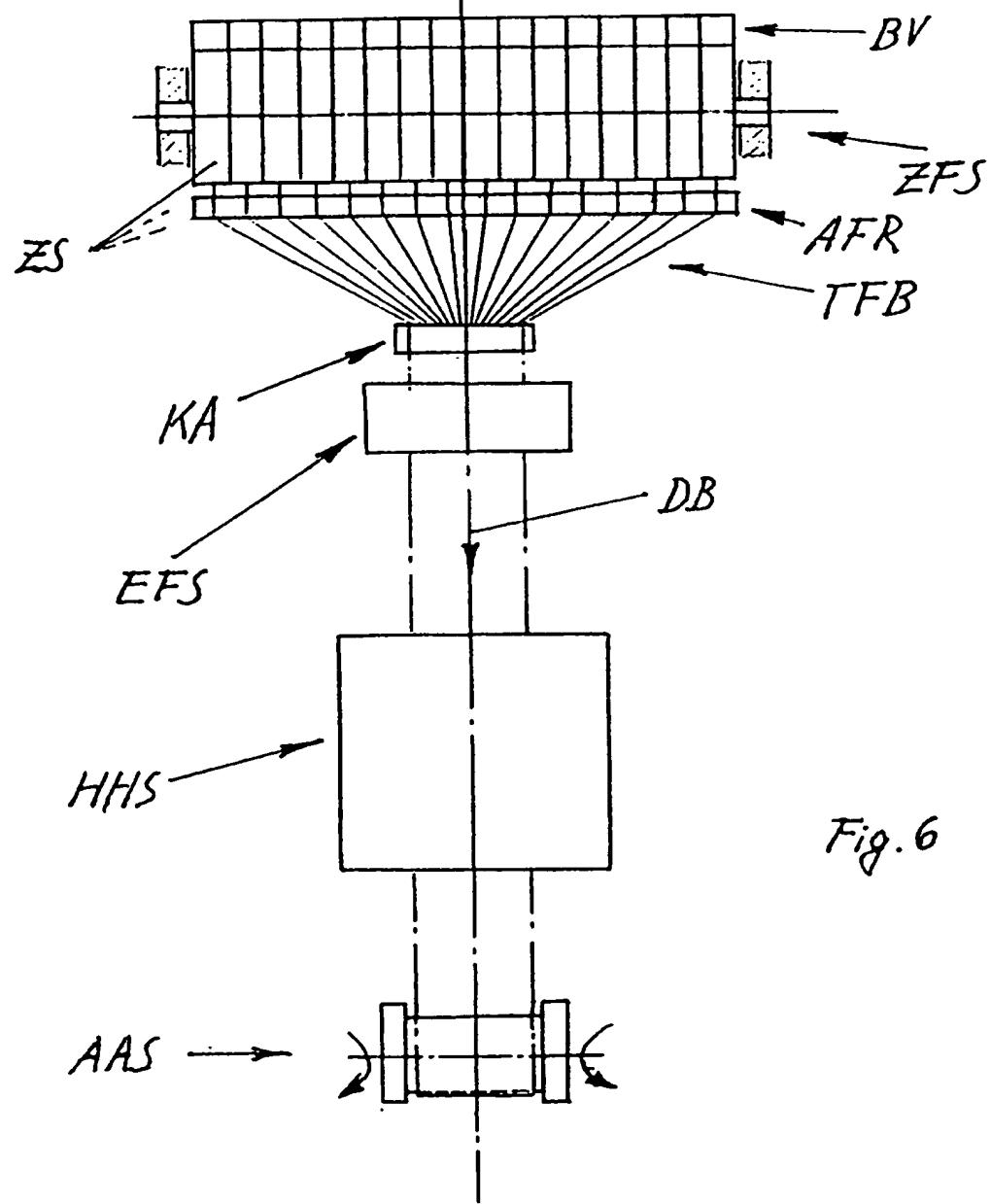


Fig. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP 96/04770

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC6 : E04C 5/07, B29C 70/20, B32B 5/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC6: E04C, B29C, B32B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| X | EP, A1, 0441519 (TONEN CORPORATION), 14 August 1991 (14.08.91), page 8, line 42 - page 9, line 17, figures 8-16, abstract | 1,2,10 |
| X | EP, A1, 0155520 (ETERNIT-WERKE LUDWIG HATSCHEK AG), 25 September 1985 (25.09.85), page 4, line 8 - line 24; page 7, line 30 - page 8, line 27 | 1,2 |
| X | EP, A1, 0220649 (KURARAY CO., LTD.), 6 May 1987 (06.05.87), page 6, line 10 - page 8, line 16 | 1,2 |

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

- * Special categories of cited documents:
- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

| | |
|---|---|
| Date of the actual completion of the international search 25 February 1997 (25.02.97) | Date of mailing of the international search report 18 March 1997 (18.03.97) |
| Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office Facsimile No. | Authorized officer Telephone No. |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 96/04770

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | | Publication date |
|--|------------------|-------------------------|----------|------------------|
| EP-A1- 0441519 | 14/08/91 | CA-A- | 2071097 | 13/12/93 |
| | | DE-D- | 69122976 | 00/00/00 |
| | | EP-A- | 0723855 | 31/07/96 |
| | | JP-A- | 3222734 | 01/10/91 |
| | | US-A- | 5308430 | 03/05/94 |
| | | US-A- | 5326630 | 05/07/94 |
| | | JP-A- | 3224901 | 03/10/91 |
| | | JP-A- | 3292110 | 24/12/91 |
| | | JP-A- | 3292111 | 24/12/91 |
| | | JP-A- | 3293408 | 25/12/91 |
| | | JP-A- | 4149366 | 22/05/92 |
| EP-A1- 0155520 | 25/09/85 | CA-A- | 1234703 | 05/04/88 |
| | | CH-A,B- | 660357 | 15/04/87 |
| | | DE-A- | 3562221 | 26/05/88 |
| | | JP-A- | 60204649 | 16/10/85 |
| | | KE-A- | 3842 | 07/04/89 |
| | | OA-A- | 7959 | 31/01/87 |
| EP-A1- 0220649 | 06/05/87 | DK-B- | 169253 | 26/09/94 |
| | | JP-C- | 1865066 | 26/08/94 |
| | | JP-A- | 62096354 | 02/05/87 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCI/EP 96/04770

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPC6: E04C 5/07, B29C 70/20, B32B 5/10

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPC6: E04C, B29C, B32B

Recherte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

WPI

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|---|--------------------|
| X | EP, A1, 0441519 (TONEN CORPORATION), 14 August 1991 (14.08.91), Seite 8, Zeile 42 - Seite 9, Zeile 17, Figuren 8-16, Zusammenfassung — | 1,2,10 |
| X | EP, A1, 0155520 (ETERNIT-WERKE LUDWIG HATSCHEK AG), 25 September 1985 (25.09.85), Seite 4, Zeile 8 - Zeile 24; Seite 7, Zeile 30 - Seite 8, Zeile 27 — | 1,2 |
| X | EP, A1, 0220649 (KURARAY CO., LTD.), 6 Mai 1987 (06.05.87), Seite 6, Zeile 10 - Seite 8, Zeile 16 — ----- | 1,2 |

 Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen. Siehe Anhang Patentfamilie.

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen:

- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besondere Bedeutung anzusehen ist
- "B" älteres Dokument, das jedoch erst zu oder nach dem internationalen Anmeldeatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifärbig erheben zu lassen, durch das die Veröffentlichungsdaten einer anderen im Recherchenbereich genannten Veröffentlichung beigelegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie zugesichert)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldeatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsatum veröffentlicht worden ist

Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldeatum oder dem Prioritätsatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht identifiziert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzip oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

25 Februar 1997

18.03.97

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Bevollmächtigter Bediensteter



Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL-2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Ingemar Hedlund

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören
03/02/97

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 96/04770

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|---|----------------------------|--|--|
| EP-A1- 0441519 | 14/08/91 | CA-A- 2071097 DE-D- 69122976 EP-A- 0723855 JP-A- 3222734 US-A- 5308430 US-A- 5326630 JP-A- 3224901 JP-A- 3292110 JP-A- 3292111 JP-A- 3293408 JP-A- 4149366 | 13/12/93 00/00/00 31/07/96 01/10/91 03/05/94 05/07/94 03/10/91 24/12/91 24/12/91 25/12/91 22/05/92 |
| EP-A1- 0155520 | 25/09/85 | CA-A- 1234703 CH-A,B- 660357 DE-A- 3562221 JP-A- 60204649 KE-A- 3842 OA-A- 7959 | 05/04/88 15/04/87 26/05/88 16/10/85 07/04/89 31/01/87 |
| EP-A1- 0220649 | 06/05/87 | DK-B- 169253 JP-C- 1865066 JP-A- 62096354 | 26/09/94 26/08/94 02/05/87 |